Current Issue Review

83-14E

Nuclear Power Systems: Their Safety

Lynne C. Myers
Science and Technology Division

20 October 1983
Revised 7 December 1988

Library of Parliament
Bibliothèque du Parlement

Research Branch

89-05450/

The Research Branch of the Library of Parliament works exclusively for Parliament, conducting research and providing information for Committees and Members of the Senate and the House of Commons. This service is extended without partisan bias in such forms as Reports, Background Papers and Issue Reviews. Research Officers in the Branch are also available for personal consultations in their respective fields of expertise.

© Minister of Supply and Services Canada 1989

Cat. No. YM32-1/83-14-1988-12E

ISBN 0-660-13177-3

N.B. Any substantive changes in this Review which have been made since the preceding issue are indicated in **bold print.**

CE DOCUMENT EST AUSSI
PUBLIÉ EN FRANÇAIS

CANADA
LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

NUCLEAR POWER SYSTEMS: THEIR SAFETY

ISSUE DEFINITION

Mankind utilizes energy in many forms and from a variety of sources. Canada is one of a growing number of countries which have chosen to embrace nuclear-electric generation as a component of their energy systems. As of June 1987 there were 387 power reactors operating in 26 countries and accounting for approximately 15% of the world's production of electricity. In 1986, seven countries -- Finland, Sweden, France, Taiwan, Belgium, Switzerland and Bulgaria -- derived at least 25% of their electricity from nuclear units, with France leading at 65%. In the same year, Canada produced 12% of its electricity from nuclear units. Some 170 power reactors are under construction in 25 countries, enough to expand present generating capacity by 65%. No human endeavour carries the guarantee of perfect safety and the question of whether or not nuclear-electric generation represents an "acceptable" risk to society has long been vigorously debated.

Until the events of late April 1986, nuclear safety had indeed been an issue for discussion, for some concern, but not for alarm. The accident at the Chernobyl reactor in the USSR has irrevocably changed all that. This disaster has brought the matter of nuclear safety back into the public mind in a dramatic fashion. This paper discusses the issue of safety in complex energy systems and provides brief accounts of some of the most serious reactor accidents which have occurred to date.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

BACKGROUND AND ANALYSIS

A. Safety in Complex Energy Systems

Assessing how complex systems fail is a complicated matter and recent reactor accidents have demonstrated that this assessment is less certain than formerly supposed. Not only may complex systems incorporate errors in design, contributing to safety problems, but they may also suffer from improper construction, quality assurance, maintenance and operation.

The reactor accident of March 1979 at the Three Mile Island generating station in Pennsylvania illustrates how mechanical problems can be compounded by operator error, emphasizing the importance of human reliability as well as equipment reliability in ensuring safety. Indeed, the Report of the President's Commission on the Accident at Three Mile Island (the "Kemeny Report") had more to say about the people involved in reactor safety -- the equipment manufacturers, the utility managers, the plant operators and the staff of the U.S. Nuclear Regulatory Commission (NRC) -- than it did about improving the technology.

Accidents may also occur because supposedly independent and redundant systems fail simultaneously due to a common initiating event. For example, identical valves in independent units have failed simultaneously in response to a common set of conditions because they were not designed or installed properly. Improper maintenance may also cause a common failure, perhaps because each of the independent units has been improperly calibrated or serviced. A totally unexpected failure may also occur because the sheer complexity of the system has prevented all potential accidents from being identified.

The Salem-1 reactor in New Jersey provides an example of an unanticipated failure. When a routine anomaly or "transient" occurs during reactor operation, a safety system is supposed automatically to shut down or "scram" the reactor by stopping the nuclear chain reaction. A failure of the safety system to so operate -- termed an Anticipated Transient Without Scram (ATWS) -- was supposed to have such a low probability of occurrence that the risk it represented was considered negligible. The U.S. nuclear industry argued that ATWS regulations and protective measures

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

were unwarranted on the grounds that the basic safety systems were virtually fail-safe, and an expert on reactor safety could write in 1980: "No reactor has ever failed to 'scram' in an emergency."(1) Yet twice within four days, in February of 1983, just such an event occurred at Salem-1. Operators manually scrammed the reactor in both cases, preventing damage to it, but the incidents demonstrated that a breakdown in electronic safety systems was not as implausible as the industry had maintained.

The subsequent investigation of the Salem-1 incident by the U.S. NRC determined that a critical component, designed to drop the reactor shut-off rods automatically, had failed in both circuits of a doubly redundant system. This component, which should have received twice-yearly maintenance, had not been maintained at all during its years of service in the station and "dirt accumulation on exposed linkages" was described by the NRC as one of the causes of failure.

The Chernobyl accident, the worst-ever accident involving nuclear reactors, resulted from an incredible series of "human" errors. It is interesting to note, however, that an article in a Kiev newspaper, a month before the accident, had criticized acute shortcomings in materials, shoddy workmanship and low morale at the plant.

This accident has sparked an unprecedented interest in the question of nuclear safety and as a direct result the IAEA has presented two new international conventions. Canada has signed both of them; the first deals with early notification to other countries about nuclear accidents and the second involves an undertaking to help other countries which have suffered such an accident. The IAEA has also received proposals involving international regulation of nuclear power.

In the United States the growing number of serious operating mishaps at nuclear power installations led a Commission of that country's Nuclear Regulatory Commission to make the following chilling prediction:

> Given the present level of safety being achieved by the operating nuclear power plants in this country, we can expect to see a core meltdown accident within the next 20 years, and it is possible that such an accident

---

(1) Harold W. Lewis, "The Safety of Fission Reactors", Scientific American, Vol. 242, No.3, March 1980, p. 59.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

could result in off-site releases of radiation which are as large as, or larger than, the releases estimated to have occurred at Chernobyl.

In several countries, increased interest in the study of nuclear safety has been evident in light of Three Mile Island and Chernobyl. The United States Nuclear Regulatory Commission issued a Severe Accident Policy Statement in 1985 and has been working on the implementation of the new policy. As part of the new program, all existing plants will be systematically examined for severe accident vulnerability and mitigative measures suggested where necessary. Clearer standards for risk assessment of proposed new nuclear power plants are being developed. In addition, containment performance criteria are being established.

West Germany has just completed a major study on nuclear power plant risks. The study concluded that the consequences of severe accidents at German light-water reactors would be lower than previously estimated, by one to two orders of magnitude. Despite this very reassuring result, the Germans are instituting a plan to install a new safety feature on all existing pressurized water reactors over the next 18 months. This feature involves a filtration system which will allow for controlled depressurization of the containment structure. Such a move is designed to prevent the build up of potentially explosive amounts of gas in the containment building during a serious accident, to avoid endangering the public.

Canada has also carried out a major internal review of its nuclear power plant safety. **In addition, the Operational Safety Review Team (OSART) of the International Atomic Energy Agency was invited to review operating practices at the Pickering Nuclear Generating Station. Results of both studies indicate that the CANDU reactor is being operated safely in Canada, although minor changes to operating procedures and emergency plans were suggested.**

B. Inherent Safety vs. Engineered Safety

The safety of most commercial nuclear reactors depends on engineered systems. In the event of an accident, some engineered systems must detect danger and then respond to it in order to shut down the

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

reactor. It is also possible and perhaps, in light of the Chernobyl accident, essential to design reactors that are "inherently" safe. The shut-down of such reactors during an accident would rely solely on the laws of physics and not on engineered systems and operator intervention. In the words of one writer, "The idea behind inherent safety is to replace Murphy's law (if anything can go wrong, it will) with the laws of physics."(2) Several countries have been developing inherently safe reactors and they will serve as illustrations of the concept.

Sweden has developed a pressurized water reactor it calls PIUS, in which the core cooling system and all heat exchangers are immersed in a solution of boron. Boron is a neutron absorber and quickly damps down the heat-generating chain reaction. During normal operation, the pressure generated by the coolant pump keeps the borated water out of the reactor. If the coolant pumping system fails, the difference in density between the hot water and cold water would immediately cause the reactor to be flooded with borated water, shutting down the chain reaction. No human, mechanical or electrical intervention is required to achieve shut-down. Sweden hopes that it will be ready to start selling PIUS reactors by 1990.

West Germany has a high-temperature, gas-cooled reactor (called the THTR 300) which has round fuel elements the size of tennis balls. These fuel elements are circulated: one drops out of the core every eight seconds and another is put in on top. Because of the size and surface-to-volume ratio of the fuel elements, it is impossible for the core temperature to exceed 1600°C. The designers claim that this reactor could lose all of its coolant (helium gas) without getting hot enough to release fission products.

A number of reactors being developed in the United States - such as General Electric's fast-breeder PRISM reactor, Rockwell's SAFR reactor and the Department of Energy's MHTGR (Modular High-Temperature Gas-cooled Reactor) - also incorporate self-shutdown mechanisms which require no mechanical, electrical or human intervention. Since the accident at Chernobyl, such reactors are much more attractive than they once might have been.

---

(2) "Lessons From the Schoolhouse", The Economist, 10 May 1986, p. 92.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

C. The Chernobyl Accident

On 26 April 1986, the town of Chernobyl, located 60 miles north of the Ukrainian capital of Kiev, became the site of the most serious accident ever known to have taken place in a nuclear power reactor. A series of human errors, combined with what some western experts believe to be serious design flaws, resulted in a catastrophic explosion and fire involving the core of the reactor itself. The immediate results of the explosion and fire were the death of two people on the site and a very large release of radioactivity. The unprecedented release of dangerous fission products from the reactor core necessitated the evacuation of tens of thousands of people, and contaminated an area of approximately 300 square kilometres of rich farmland. The radiation spread across international boundaries, contaminating food and causing much concern over long term health and environmental effects.

On 25 August 1986 the Soviet Union presented a detailed report on the causes of the Chernobyl disaster at a special meeting of the International Atomic Energy Agency (IAEA) in Vienna. Ironically, the most serious nuclear reactor accident of all time occurred in the course of a safety test. Apparently workers were trying to determine how long the turbine generators would continue to turn due to inertia in the event of an unplanned reactor shutdown. To carry out this experiment, the workers committed no less than six serious errors - including shutting off all the reactor's automatic safety systems so that they would not interfere with the experiment.

The chain of events started on 25 April, when the power level in the reactor was reduced. Because automatic control systems were in place to prevent the reactor's operation at such low levels, the workers shut them off. This removed one of the safety systems designed to prevent the reactor from going out of control. Power levels then dropped too low for the test, and in trying to bring the reactor back up to the required level, technicians committed the second fatal error. Control rods are used to regulate and, as the name implies, control the chain reaction in the reactor. In the light-water-cooled, graphite-moderated (RBMK in Russian

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

terminology) design there must be a minimum of 30 control rods inserted in the reactor at all times. Technicians at Chernobyl removed all but six to eight of the rods. To compound the problem, a second safety system, which would have automatically shut down the reactor when the turbines stopped, was also disconnected for the test.

The actual test started at 1:23 a.m. on 26 April when power to the turbine was stopped. Just before this was done, the flow of water to cool the reactor was reduced and safety devices that would shut down the reactor in the event of abnormal steam pressure or water levels were disengaged. This latest manoeuvre caused the reactor to start overheating dangerously, but, because the emergency cooling system had been shut down 12 hours before, there was no relief from the heat buildup. Within seconds, a tremendous power surge caused two explosions which blew the roof off the reactor building and ignited over 30 fires around the plant. The damaged reactor core and the surrounding graphite moderator started burning at temperatures up to 1600°C. The fire burned for 12 days, releasing massive amounts of radiation into the atmosphere.

Exactly how much radioactivity was released is not yet known, but there have been numerous estimates. One U.S. estimate holds that at least 40 million curies of radioactivity were released; this compares well with the Soviet estimate of 50 million curies noted in their report to the IAEA. This represents about 3.5% of the radioactivity of the core. (By comparison the Three Mile Island accident in the United States released only 15 curies of Iodine-131.) While it is hard to compare this release with that of Hiroshima or Nagasaki, because the fission products involved are different, one radiation physics expert says that, roughly speaking, the Chernobyl accident released an equivalent of 30 to 40 times the radiation of those atomic bombs.

Much of the radiation fell on the plant site and surrounding towns and farms, but some was carried into several neighbouring countries, including Sweden, Poland, Romania, Switzerland, West Germany and Yugoslavia. In these countries, radiation levels temporarily increased to several times normal levels. In the town of Chernobyl, 12 miles from the site of the accident, a maximum radiation of 15 millirems/hour was

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

reported. Normal background radiation in most parts of the world is about 0.01 millirems/hour.

In economic terms, the accident has been a disaster for the Soviet Union. In addition to the cost of resettling 135,000 people, it faces the loss of the $1.9 billion plant itself, a cleanup bill in the hundreds of millions of dollars and the loss of 10% of its nuclear generating capacity - which is being replaced with more expensive electricity from coalfired generating stations. This potential loss of electrical production is so serious that in October 1986 Units 1 and 2 at Chernobyl were restarted and Unit 3, which shares a control room and generating equipment with the unit destroyed in the accident, was restarted in the early part of 1988. Western experts are very concerned about these moves but the shortage of electricity is reportedly so severe that the Soviets feel they have no choice. On top of these costs comes the cost of improving safety standards for all RBMK reactors in the country, including the replacement of the fuel with slightly more enriched material.

The Soviet Union also faces the loss of agricultural produce and, potentially, of much valuable farmland. One American study puts the total cost of the accident to the Soviet economy at $3.7 to $6 billion (U.S.). The Soviets themselves admit to direct losses of some $3.6 billion (U.S.).

The immediate health effects of the Chernobyl accident are not difficult to assess. So far 31 people have died as a result of the explosion and subsequent release of radioactivity. All the 300 or so other people who were treated for acute radiation sickness have been released from hospital. No further deaths have been reported.

As for the long-term health effects of Chernobyl, the picture becomes much more clouded and there is debate over how many people will be affected. The most widely reported estimates vary from 2,000 to 6,500. That is to say that experts expect anywhere from 2,000 to 6,500 extra cancer deaths over the next 50 to 70 years as a result of Chernobyl. Other experts have expressed the fear that this number could be much higher due to the possible contamination of the food chain by caesium 137 and caesium 134. Caesium lodges in tissue and in muscle and delivers a large

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

dose of radiation to those who absorb it. By September 1986 however, examinations of 1,000 members of the exposed population had revealed that 97% of them had ten times less caesium in their bodies than expected. Continued monitoring has also shown no enhanced levels of retardation in babies born in the region, a problem that had been predicted by several experts. Such results leave room for optimism that the long-term effects of the accident may be much lower than expected.

D. Other Notable Nuclear Accidents(3)

The accident at Chernobyl is the worst nuclear reactor accident in history, but it is far from being the only one. In April 1986, an American report was released listing 151 significant nuclear safety "incidents" with power, research and experimental reactors. Among these, three stand out as involving actual or potential release of radioactivity. They are: the 1957 accident at the Windscale plutonium production reactor in the United Kingdom; the 1966 accident involving the Fermi fast breeder reactor near Detroit, Michigan; and the Three-Mile Island accident near Harrisburg, Pennsylvania in 1979. Canada has not been without its own nuclear accident - a partial core meltdown at Chalk River in 1952.

1. Chalk River - 1952

Accidental removal of four control rods at an experimental nuclear power reactor at Chalk River, Ontario, led to a partial meltdown of the reactor's uranium fuel core. A million gallons of radioactive water accumulated inside, but there were no accident-related injuries. Although negligible in comparison with the 1986 Soviet accident, it was the first known major malfunction of a nuclear power plant. (The earlier U.S. accidents were in plutonium production reactors.)

---

(3) This section is primarily quoted from W. Donnelly et al., The Chernobyl Accident: Causes, Initial Effects and Congressional Response, Congressional Research Service, Major Issue System, Brief #IB86077, Appendix A, p. 1-2.

BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

2. Windscale - 1957

In the 1950s, the British nuclear weapons program obtained some of its plutonium from a small graphite-moderated, air-cooled production reactor at Windscale. During routine servicing in 1957, some of the graphite became so hot that some uranium fuel and some graphite caught fire. An estimated 20,000 curies of Iodine-131 were released, which fell upon surrounding meadows and caused contamination of the milk supply. There was no evacuation of residents, although use of milk from most of the contaminated region was prohibited for 25 days, and from a few places for 44 days. A committee of Britain's Medical Research Council concluded that it was highly unlikely any harm had been done to the health of anyone, whether a worker at Windscale or a member of the general public.

3. The Fermi Reactor - 1966

The Enrico Fermi Atomic Power Plant at Lagoona Beach, Michigan featured a small sodium-cooled, fast-breeder reactor with a generating capacity of 61 MWe. On 5 October 1966, the fuel in two fuel assemblies melted because of a coolant blockage. There were no injuries and no release of radioactivity. The reactor was repaired and resumed operation in October 1970, four years after the accident. It was finally shut down in 1973. The accident attracted substantial attention because of fears that the reactor vessel might be breached.

4. Three-Mile Island - 1979

Without doubt, the most serious and most well publicized nuclear power accident in the United States occurred in March 1979 at Unit 2 of the Three-Mile Island Nuclear Station in Middletown, Pennsylvania. The unit is a pressurized-water reactor with a capacity of 906 MWe. Because of equipment and procedural failures, the core of the reactor became uncovered long enough for 70% of the core to be damaged and between 35 and 45% of it to melt. Radioactivity escaped into the containment building, which held most of it, though some escaped to cause minor contamination near the plant. There was no full-scale evacuation, although the Governor of Pennsylvania did recommend that pregnant women leave the area, and tens of thousands of people fled on their own. Later,

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

an interagency Ad Hoc Population Dose Assessment Group concluded that the off-site collective dose resulting from the radioactive release represented minimal risks of additional health effects to the off-site population. Cleanup of the damaged core has just been completed and authorities have been surprised to find the extent of core damage which had occurred without breaching the reactor vessel.

E. Recent Issues of Concern

1. Deterioration of Pressure Tubes in CANDU Reactors

In January 1988 a routine inspection of pressure tubes at Unit 3 at the Pickering Generating Station revealed a more rapid deterioration than expected. The tubes in Units 3 and 4 at Pickering and the units at the Bruce Generating Station were constructed of a different metal alloy from that used in earlier CANDU reactors, and it was thought that this new alloy would be more resistant to deterioration.

In March 1988 Ontario Hydro announced that the planned maintenance shutdown of Reactor 3 at Pickering this year would be eliminated and retubing of the unit would begin in 1989. It is expected that the retubing will take about 23 months. Retubing of Unit 4 is to begin in 1991 and will take an estimated 19 months. The cost of retubing these 17 and 18 year old reactors will be in the order of $500 million. The problems at Pickering will also result in testing of pressure tubes at the Bruce-1 and Bruce-2 reactors which were both commissioned in 1977.

2. The Fermi II Nuclear Plant

In January 1988, the Fermi II Nuclear Plant in Monroe, Michigan was authorized to operate at 100% power for the first time. During the second half of 1987 this reactor had been limited to test runs at between 5% and 75% power because of operating problems and safety concerns. The operation of this boiling-water reactor (which is ten years behind schedule and $4 billion over budget) is still being protested in the United States and in Essex County in Ontario. Protests centre on two issues. First, the operator, Detroit Edison, is said to be in severe financial trouble, and thus, say opponents, unable to operate safely a

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

plant with a ten year history of equipment and construction problems. Canadian protests centre on the lack of adequate emergency preparedness in the event of a serious accident. For example, the City of Windsor, Ontario, would lie in the path of windborn contaminants and yet is not included in any evacuation plans. Concerns over the safety of the plant resulted in Canada's External Affairs Minister's request that the U.S. invite the International Atomic Energy Agency to examine the reactor to determine if it is safe to operate. The U.S. has turned down this request.

3. Fire at Soviet Reactor, September 1988

In early September 1988 one of the graphite-moderated reactors (RBMK reactor) at Ignalina, Lithuania was forced to shut down due to a fire in the control room. Although no radiation was released, the fire, and other operating problems at the plant, have renewed concern in Europe. The Ignalina reactor is of the same design as the reactors at Chernobyl but has been altered to produce 1,500 MW of power rather than the standard 1,000 MW.

PARLIAMENTARY ACTION (FEDERAL)

The question of reactor safety per se has not been dealt with by Parliament, which has, however, considered matters relating more generally to the safety of nuclear power development. None of these parliamentary initiatives, which included legislation and committee studies, were successfully concluded.

PARLIAMENTARY ACTION (ONTARIO)

The 14-member Select Committee on Ontario Hydro Affairs was established by the Legislative Assembly of Ontario on 24 November 1977. The Committee released an interim report in December 1979 and its final report on "The Safety of Ontario's Nuclear Reactors" in June 1980. While

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

recognizing that "it is impossible to assure absolute safety in the operation of Ontario's nuclear reactors", the report concluded:

> ...given the clear commitment of Ontario Hydro and AECL to safety, the past safety record of the existing reactors and the design mechanisms to limit the consequences of possible accidents, the Committee found that the chance of a very serious accident occurring in any single reactor is extremely small and, on the basis of the information considered to date, that the reactors are, therefore, "acceptably safe".(4)

More recently, the Ontario Select Committee on Energy recommended that an independent study of the safety of CANDU reactors be undertaken by a team of international experts. In September 1986, the government accepted this recommendation and in December of that year announced that Dr. Kenneth Hare, Professor Emeritus in the Department of Geography, University of Toronto, would conduct such a study. Dr. Hare issued his report The Safety of Ontario's Nuclear Power Reactors in April 1988. It concludes that the chances of a severe accident at Ontario reactor sites are very low. Even if a severe accident were to occur, the report concludes that the radiation would be largely contained with very little danger to the public. The report criticizes the Ontario government for not implementing a Nuclear Emergency Plan, even though details of such a plan were published in 1986. The report also suggests that Ontario Hydro spend additional funds on research into pressure tube problems, and that the Atomic Energy Control Board's regulatory supervision of Ontario Hydro be strengthened.

CHRONOLOGY

29 February 1980 - The Ontario Royal Commission on Electric Power Planning released its nine-volume final report, terminating an investigation begun on 17 July 1975. A number of recommendations dealt with the safety and reliability of nuclear power generation in Ontario.

---

(4) Ontario, Legislative Assembly, Select Committee on Ontario Hydro Affairs, The Safety of Ontario's Nuclear Reactors, Final Report, June 1980, p. I-2.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

June 1980 - The Select Committee on Ontario Hydro Affairs of the Legislative Assembly released its final report on "The Safety of Ontario's Nuclear Reactors".

1 August 1983 - An abrupt pressure tube failure occurred at Pickering-2. This was the first major failure in the primary cooling system of a CANDU reactor. The unit was shut down for retubing.

Aug. - Nov. 1983 - Operating incidents caused reactor shutdown at Pickering-1 (5 August), Pickering-5 (7 August), Douglas Point (4 September), Bruce-3 (4 September), Bruce-2 (21 October), NPD (25 October), Bruce-1 (30 October) and Pickering-5 (1 November). With the exception of NPD, all of these units subsequently returned to service.

14 November 1983 - Pickering-1 was shut down for examination of its pressure tubes for hydrogen buildup.

7 March 1984 - Ontario Hydro announced that Pickering Unit 1 would also undergo a complete retubing.

26 April 1986 - An explosion and fire occurred at the Chernobyl generating station in the USSR, releasing massive amounts of radiation from the reactor core.

25 August 1986 - The International Atomic Energy Agency received and began to review an official Soviet report on the causes and effects of the Chernobyl accident. Gross human negligence was cited as the cause.

September 1986 - Canada signed two international conventions concerning nuclear safety. The first convention provides for early notification and information about nuclear accidents and the second commits signatories to help other nations which suffer a nuclear accident.

November 1986 - Construction of the concrete sarcophagus to entomb the destroyed Unit 4 at Chernobyl was completed.

July 1987 - Six senior officials at the Chernobyl complex were tried and sentenced to terms ranging from 2 to 10 years for violating safety rules and for negligence.

October 1987 - Pickering 2 was returned to service.

1988 - Pickering 1 is hoped to be returned to service this year.

March 1988 - Ontario Hydro announced that retubing of Pickering 3 will begin in 1989, and of Pickering 4 in 1991.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

April 1988 - A report entitled The Safety of Ontario's Nuclear Power Reactors was completed by Dr. K. Hare.

SELECTED REFERENCES

"All Zirconium Tubes to be Replaced at Pickering Units 1 and 2". Nuclear Engineering International, Vol. 29, no. 355, May 1984, p. 15-20.

Cruickshank, Andrew. "Putting Policy Into Practice in the United States". Nuclear Engineering International, March 1987, p. 24-28.

Donnelly, W. et al. "The Chernobyl Accident: Causes, Initial Effects and Congressional Response". Major Issue System, Issue Brief #1B86077, Congressional Research Service, Washington, D.C., 16 September 1986.

Lewis, Harold, W. "The Safety of Fission Reactors". Scientific American, Vol. 242, no. 3, March 1980, p. 53-65.

Mynatt, F.R. "Nuclear Reactor Safety Research Since Three Mile Island". Science, Vol. 216, 9 April 1982, p. 131-135.

USSR State Committee on the Utilization of Atomic Energy. The Accident at The Chernobyl Nuclear Power Plant and Its Consequences. Compiled for IAEA Experts Meeting, 25-29 August 1986, Vienna, Part I and II.

Varley, James. "Germans Take A New Look At Core Melt Consequences". Nuclear Engineering International, March 1987, p. 35-38.

Bulletin d'actualité

83-14F

La sécurité dans les centrales nucléaires

Lynne C. Myers

Division des sciences et de la technologie

Le 20 octobre 1983

Révisé le 7 décembre 1988

Bibliothèque du Parlement
Library of Parliament

Service de recherche

Le Service de recherche de la Bibliothèque du Parlement travaille exclusivement pour le Parlement, effectuant des recherches et fournissant des informations aux parlementaires et aux comités du Sénat et de la Chambre des communes. Entre autres services non partisans, il assure la rédaction de rapports, de documents de travail et de bulletins d'actualité. Les attachés de recherche peuvent en outre donner des consultations dans leurs domaines de compétence.

© Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1989

N° de cat. YM32-1/83-14-1988-12F

ISBN 0-660-92588-5

N.B. Dans ce bulletin, tout changement d'importance fait depuis la dernière publication est indiqué en **caractères gras**.

THIS DOCUMENT IS ALSO PUBLISHED IN ENGLISH

CANADA
LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

LA SÉCURITÉ DANS LES CENTRALES NUCLÉAIRES

DÉFINITION DU SUJET

L'homme utilise sous diverses formes l'énergie qu'il puise à différentes sources. Un nombre grandissant de pays, dont le Canada, ont choisi d'ajouter le nucléaire à l'éventail de leurs sources d'énergie. En juin 1987, les 387 réacteurs nucléaires en service dans 26 pays fournissaient environ 15 p. 100 de la production mondiale d'électricité. En 1986, sept pays, soit la Finlande, la Suède, la France, Taïwan, la Belgique, la Suisse et la Bulgarie, ont produit au moins 25 p. 100 de leur électricité dans des centrales nucléaires, la France venant en tête de liste avec une proportion de 65 p. 100. Au cours de la même année, le Canada a produit 12 p. 100 de son électricité à partir de centrales nucléaires. Par ailleurs, environ 170 réacteurs nucléaires sont actuellement en construction dans 25 pays, ce qui suffirait à augmenter de 65 p. 100 la capacité de production actuelle. Aucune entreprise humaine ne comporte une garantie totale de sécurité, c'est pourquoi la question de savoir si l'électro-nucléaire fait courir un risque "acceptable" à la société est depuis longtemps vigoureusement débattue.

Jusqu'aux événements de la fin d'avril 1986, la sécurité des centrales nucléaires était bien sûr un sujet préoccupant, mais la question n'était pas alarmante. L'accident survenu à la centrale de Tchernobyl en URSS a irrévocablement changé la situation. La catastrophe a tragiquement ramené la question de la sécurité des centrales nucléaires dans les esprits. Le présent bulletin traite du problème de la sécurité dans les centrales complexes et explique succintement certains des accidents nucléaires les plus graves survenus à ce jour.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

CONTEXTE ET ANALYSE

A. La sécurité dans les centrales nucléaires complexes

Il est difficile de déterminer les causes d'une panne dans une centrale complexe, et les accidents survenus récemment dans des réacteurs ont montré que le diagnostic était beaucoup moins sûr qu'on ne le pensait initialement. D'une part, il peut arriver qu'une centrale complexe comporte des erreurs de conception qui créent des problèmes de sécurité, mais d'autre part, il se peut que des erreurs de construction, de vérification de la qualité, d'entretien ou d'exploitation soient en cause.

L'accident survenu en mars 1979 au réacteur de Three Mile Island, en Pennsylvanie, montre que des problèmes mécaniques peuvent être aggravés par l'erreur d'un technicien, ce qui souligne l'importance de l'élément humain parallèlement à celle de la fiabilité du matériel dans la perspective de la sécurité. En effet, le rapport de la Commission présidentielle sur l'accident de Three Mile Island (communément appelé le "rapport Kemeny") s'intéressait davantage aux responsables de la sécurité nucléaire, à savoir les fabricants de matériel, les directeurs des services, les techniciens de la centrale et le personnel de la Nuclear Regulatory Commission (NRC), qu'au besoin d'améliorer la technologie comme telle.

Des accidents peuvent aussi survenir à l'improviste lorsqu'un même incident initial provoque une défaillance simultanée des dispositifs doubles qui sont censés fonctionner de façon indépendante. Par exemple, il est arrivé que des soupapes identiques, installées sur des dispositifs indépendants et soumises aux mêmes conditions, soient tombées simultanément en panne parce qu'elles étaient mal conçues ou mal installées. Un entretien inadéquat peut également provoquer une panne multiple lorsque chacun des dispositifs indépendants a été mal réglé ou mal entretenu. Une panne totalement imprévue peut survenir à cause de la complexité même de la centrale, qui empêche que tous les risques d'accident puissent être détectés.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

L'accident de Salem 1, au New Jersey, fournit un exemple de panne imprévue. Lorsqu'une anomalie prévisible, appelée "transitoire", survient dans le fonctionnement du réacteur, un dispositif de sécurité est censé intervenir automatiquement pour arrêter d'urgence le réacteur en interrompant la réaction nucléaire en chaîne. Une panne de ce système de sécurité (connue sous l'appellation technique de "transitoire sans chute de barres") était considérée comme tellement improbable que le risque qu'elle représentait avait auparavant été jugé négligeable. L'industrie nucléaire américaine a estimé qu'il n'y avait pas lieu d'imposer des règlements et des mesures préventives contre ce genre d'incident, étant donné que les systèmes de sécurité de base étaient pratiquement à l'abri des pannes. D'ailleurs, un spécialiste de la sécurité nucléaire a pu affirmer en 1980 que jamais un tel dispositif de sécurité n'avait fait défaut en cas d'urgence(1). Pourtant, un incident de ce genre s'est produit à deux reprises en quatre jours en février 1983 au réacteur Salem 1. Dans les deux cas, les techniciens ont arrêté manuellement le réacteur, afin d'éviter qu'il ne s'endommage, mais ces incidents ont prouvé qu'une panne du système électronique de sécurité n'était pas aussi improbable qu'on l'avait prétendu.

L'enquête faisant suite à l'incident de Salem 1, menée par la Nuclear Regulatory Commission des États-Unis (NRC), a établi qu'un élément critique des dispositifs de chute automatique des barres de sécurité du réacteur était tombé en panne dans les deux circuits d'un système à double redondance. Cet élément, qui doit normalement subir deux opérations fonctionnement à la centrale, et la NRC a attribué en partie la panne à une accumulation de poussière sur des joints exposés.

L'accident de Tchernobyl, le pire jamais survenu dans une centrale nucléaire, a été causé par une incroyable suite d'erreurs "humaines". Il est également intéressant de noter qu'un article paru dans un journal de Kiev un mois avant l'accident déplorait de graves pénuries de matériel, la piètre qualité de la main-d'oeuvre et le moral très bas des employés de la centrale.

---

(1) Harold W. Lewis, "The Safety of Fission Reactors", Scientific American, vol. 242, n° 3, mars 1980, p. 59.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

Cet accident a suscité un intérêt sans précédent pour la question de la sûreté des centrales nucléaires et a amené l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) à élaborer deux nouvelles conventions internationales engageant leurs signataires (parmi lesquels figure le Canada) à alerter immédiatement les autres pays si un accident nucléaire survient sur leur territoire et à aider tout pays victime d'un tel accident. L'AIEA a également reçu des propositions prévoyant la réglementation internationale de l'énergie nucléaire.

Aux États-Unis, les incidents graves dans les centrales nucléaires sont de plus en plus nombreux, ce qui a amené une commission de la Nuclear Regulatory Commission à faire une prédiction alarmante:

> Vu le niveau actuel de sûreté de l'exploitation des centrales nucléaires aux États-Unis, on peut s'attendre à la fusion du coeur d'un réacteur dans les 20 prochaines années, et il est possible qu'un accident de ce genre entraîne des émissions de rayonnements dans l'atmosphère aussi importantes, sinon plus, que celles qui se seraient produites à Tchernobyl.

Dans plusieurs pays, on s'intéresse davantage à l'étude de la sécurité nucléaire depuis les accidents de Three Mile Island et de Tchernobyl. Aux États-Unis, la Nuclear Regulatory Commission a publié en 1985 une déclaration de principes concernant les accidents graves et elle s'emploie à mettre en oeuvre la nouvelle politique qui a été adoptée. Dans le cadre du nouveau programme, toutes les centrales existantes seront systématiquement examinées pour voir jusqu'à quel point des accidents graves pourraient y survenir; des mesures de sécurité supplémentaires seront proposées au besoin. On élabore en outre actuellement des normes plus claires pour évaluer les risques des futures centrales nucléaires. De plus, on travaille à établir des critères de rendement en matière de confinement.

Pour sa part, l'Allemagne de l'Ouest vient de mener à terme une vaste étude sur les risques dans les centrales nucléaires. On y affirme que les conséquences d'accidents graves concernant les réacteurs à eau ordinaire d'Allemagne seraient de dix à cent fois moindres que ce

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

qu'on avait déjà déterminé. Malgré ce résultat très rassurant, les Allemands prévoient installer au cours des dix-huit prochains mois un nouveau dispositif de sécurité sur tous les réacteurs à eau sous pression. Il s'agit d'un système de filtration qui permettra la dépressurisation contrôlée de l'enceinte de confinement. Cette mesure vise à empêcher que, s'il y a un accident grave, des gaz explosifs s'accumulent dans l'enceinte de confinement, afin d'éviter de mettre en danger la population.

Le Canada également a procédé à un vaste examen interne de la sécurité de ses centrales nucléaires. **En outre, l'Équipe d'examen de la sûreté d'exploitation (OSART) de l'Agence internationale de l'énergie atomique a été invitée à examiner les méthodes d'exploitation de la centrale de Pickering. Les deux études ont conclu que l'utilisation que fait le Canada des réacteurs CANDU était sécuritaire, mais elles ont quand même suggéré des changements mineurs aux procédures d'exploitation ainsi qu'aux plans d'urgence.**

B. Sécurité intrinsèque et sécurité technique

La sécurité de la plupart des réacteurs nucléaires commerciaux dépend de systèmes techniques auxiliaires. En cas d'accident, ceux-ci doivent détecter le danger et y réagir en provoquant l'arrêt du réacteur. Il est aussi possible et, à la lumière de l'accident de Tchernobyl, peut-être même essentiel, de concevoir des réacteurs "intrinsèquement" sûrs, dont l'arrêt au cours d'un accident dépendrait uniquement des lois de la physique plutôt que de systèmes auxiliaires et de l'intervention de techniciens. Comme le soulignait un auteur, la sécurité intrinsèque vise à remplacer le principe de Murphy (tout ce qui peut aller mal ira fatalement mal) par les lois de la physique(2). Plusieurs pays ont d'ailleurs mis au point des réacteurs intrinsèquement sûrs, qui serviront à illustrer cette idée.

---

(2) "Lessons from the Schoolhouse", The Economist, 10 mai 1986, p. 92.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

La Suède a créé un réacteur à eau sous pression appelé PIUS; le système de refroidissement du coeur et tous les échangeurs de chaleur de ce réacteur sont immergés dans une solution de bore qui absorbe les neutrons et freine rapidement la réaction en chaîne productrice de chaleur. Lorsque tout se déroule normalement, la pression générée par la pompe de réfrigérant maintient l'eau borée à l'extérieur du réacteur. Toutefois, si la pompe est défectueuse, la différence de densité entre l'eau chaude et l'eau froide entraînera immédiatement le noyage du réacteur par de l'eau borée, la réaction en chaîne étant alors enrayée. Aucune intervention humaine, mécanique ou électrique n'est donc nécessaire pour provoquer l'arrêt du réacteur. La Suède espère qu'elle pourra commencer à vendre ses réacteurs PIUS d'ici à 1990.

De son côté, l'Allemagne de l'Ouest a conçu un réacteur à haute température à réfrigérant gazeux (baptisé le THTR 300) doté d'éléments combustibles ronds de la grosseur de balles de tennis. Ces éléments combustibles sont en mouvement: toutes les huit secondes, l'un d'eux s'échappe du coeur et un autre est introduit par le dessus. À cause de la grosseur des éléments combustibles et du rapport entre leur superficie et leur volume, il est impossible que la température dans le coeur du réacteur dépasse 1 600°C. D'après les concepteurs, le réacteur pourrait perdre tout son fluide de refroidissement (hélium) sans pour autant devenir assez chaud pour libérer des produits de fission.

Plusieurs réacteurs actuellement mis au point aux États-Unis, comme le réacteur surgénérateur PRISM de General Electric, le réacteur SAFR de Rockwell et le réacteur MHTGR du département de l'Énergie (réacteur modulaire à haute température refroidi au gaz), sont dotés de mécanismes d'arrêt automatique qui n'exigent aucune intervention mécanique, électrique ou humaine. Depuis l'accident de Tchernobyl, ces réacteurs sont plus intéressants que jamais.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

C. L'accident de Tchernobyl

Le 26 avril 1986, la ville de Tchernobyl, située à 60 milles au nord de Kiev, la capitale de l'Ukraine, a été le théâtre du pire accident qui soit jamais survenu dans une centrale nucléaire. Une série d'erreurs humaines, jointe à ce que certains experts occidentaux croient être des vices majeurs de conception, a entraîné une prodigieuse explosion et un violent incendie dans le coeur même du réacteur. L'explosion a tué sur le coup deux techniciens qui se trouvaient sur les lieux et libéré dans l'atmosphère une très grande quantité de matières radioactives. Ce dégagement sans précédent de produits de fission dangereux provenant du coeur du réacteur a rendu nécessaire l'évacuation de dizaines de milliers de personnes et contaminé une riche région agricole sur une étendue d'environ 300 kilomètres carrés. Les radiations ont franchi les frontières internationales, contaminant les aliments et suscitant une vive inquiétude quant à leurs effets à long terme sur la santé et l'environnement.

Lors d'une réunion spéciale de l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) tenue à Vienne le 25 août 1986, l'Union soviétique a fait un rapport circonstancié sur les causes de la catastrophe de Tchernobyl. L'ironie du sort a voulu que l'accident, le plus grave qui soit survenu dans un réacteur nucléaire, se soit produit au cours d'un essai de sécurité. Apparemment, les techniciens essayaient de déterminer combien de temps les turbines de la génératrice continueraient de tourner par inertie, en cas d'arrêt imprévu du réacteur; en faisant l'expérience, ils ont commis au moins six erreurs graves, notamment celle de fermer tous les systèmes de sûreté automatiques du réacteur pour éviter qu'ils ne faussent les résultats.

Les événements ont commencé le 25 avril, lorsqu'on a réduit la puissance du réacteur. Comme des systèmes de contrôle automatiques étaient en place pour l'empêcher de fonctionner à un régime aussi bas, les techniciens les ont fermés, neutralisant ainsi l'un des dispositifs conçus pour empêcher le réacteur de devenir incontrôlable. La puissance est alors tombée trop bas pour les besoins de l'expérience, et c'est en essayant de la ramener au niveau requis que les techniciens ont commis la

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

deuxième erreur fatale. Pour régulariser et contrôler la réaction en chaîne dans un réacteur, on se sert de barres de commande. Un réacteur modéré au graphite et refroidi à l'eau ordinaire (RBMK, en russe) doit en contenir au moins trente en tout temps, mais les techniciens de Tchernobyl n'en ont laissé que six ou huit. Ils ont également débranché pour l'expérience un deuxième système de sécurité qui aurait automatiquement fermé le réacteur dès l'arrêt des turbines, ce qui a aggravé le problème.

L'essai proprement dit a débuté à 1 h 23 le 26 avril, lorsqu'on a coupé l'alimentation des turbines. Juste avant, on avait réduit l'arrivée de l'eau servant à refroidir le réacteur et débranché les dispositifs de sécurité permettant de l'arrêter en cas d'anomalie de la pression de vapeur ou du niveau d'eau. Cette dernière manoeuvre a causé une dangereuse surchauffe du réacteur, mais parce que le système de refroidissement d'urgence avait été fermé douze heures auparavant, on ne pouvait plus empêcher la température de monter. Quelques secondes après, la surintensité énorme a provoqué deux explosions qui ont fait voler le toit du bâtiment du réacteur et allumé plus de trente incendies autour de la centrale. Le coeur endommagé du réacteur et le modérateur en graphite qui l'entourait se sont mis à brûler à des températures atteignant 1 600°C. L'incendie a fait rage pendant douze jours, libérant dans l'atmosphère des quantités phénoménales de radiations.

Nous ignorons encore l'ampleur exacte de l'émission radioactive, mais de nombreuses estimations ont été faites. Selon une hypothèse américaine, au moins 40 millions de curies de radioactivité auraient été dégagés, ce qui se rapproche de l'estimation de 50 millions de curies avancée par les Soviétiques dans leur rapport à l'AIEA. Cela représente environ 3,5 p. 100 de la radioactivité du coeur du réacteur. (En comparaison, lors de l'accident de Three Mile Island, seulement 15 curies d'iode 131 ont été dégagés dans l'atmosphère.) Il est difficile de comparer ce rayonnement à celui des bombes d'Hiroshima ou de Nagasaki, parce que les produits de fission nucléaire n'étaient pas les mêmes, mais d'après un expert en physique radiative, le rayonnement à Tchernobyl était, grosso modo, de 30 à 40 fois plus puissant que celui des bombes de 1945.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

La presque totalité des retombées radioactives s'est abattue sur la centrale ainsi que sur les agglomérations et les exploitations agricoles des environs, mais les vents en ont poussé une partie vers plusieurs pays voisins, notamment la Suède, la Pologne, la Roumanie, la Suisse, l'Allemagne de l'Ouest et la Yougoslavie. Les niveaux d'irradiation y ont, pendant un certain temps, été de plusieurs fois supérieurs aux niveaux normaux. Dans la ville de Tchernobyl, à 12 milles du lieu de l'accident, on a relevé un niveau d'irradiation maximal de 15 millirems par heure, alors que dans la plupart des régions du monde, le fond naturel de rayonnement est d'environ 0,01 millirem par heure.

Sur le plan économique, l'accident a été catastrophique pour l'Union soviétique. Outre ce que lui coûtera la réinstallation de 135 000 personnes, elle doit assumer des pertes de 1,9 milliard de dollars pour les dommages causés à la centrale elle-même et acquitter une facture de plusieurs centaines de millions de dollars pour la décontamination; elle a en outre perdu 10 p. 100 de sa capacité de produire de l'énergie nucléaire, qu'elle est en train de remplacer par de l'électricité plus coûteuse provenant de centrales alimentées au charbon. Cette perte de production d'électricité est tellement importante que, le 1er octobre 1986, on a remis en service les unités nos 1 et 2 de la centrale de Tchernobyl et que l'unité no 3, qui partageait une salle de commande et un groupe électrogène avec l'unité détruite durant l'accident, a été remise en service au début de 1988. Ces mesures inquiètent beaucoup les spécialistes occidentaux, mais la pénurie d'électricité est apparemment telle que les Soviétiques n'ont pas le choix. Le pays devra en outre engager des frais pour améliorer les normes de sécurité de tous ses réacteurs RBMK, notamment en remplaçant le combustible par un produit légèrement plus enrichi.

L'Union soviétique a également subi des pertes sur le plan de la production agricole et pourrait être privée de précieuses terres arables. Selon une étude américaine, l'accident de Tchernobyl coûtera au total entre 3,7 et 6 milliards de dollars américains à l'Union soviétique. Cette dernière reconnaît elle-même avoir subi des pertes directes de l'ordre de 3,6 milliards de dollars américains.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

Il n'est pas difficile d'évaluer les répercussions immédiates de l'accident de Tchernobyl sur la santé. Jusqu'à maintenant, 31 personnes sont mortes à la suite de l'explosion et du dégagement de radioactivité subséquent. Les 300 et quelques personnes traitées pour avoir été gravement atteintes par les radiations sont toutes sorties de l'hôpital et aucun autre décès n'a été signalé.

Si l'on examine les répercussions que l'accident de Tchernobyl aura à long terme sur la santé, le tableau devient beaucoup plus sombre, et l'on ne s'entend pas sur le nombre de personnes qui seront touchées. Les chiffres les plus fréquemment mentionnés varient entre 2 000 et 6 500. En d'autres termes, les spécialistes prévoient qu'il y aura de 2 000 à 6 500 décès supplémentaires attribuables au cancer au cours des 50 à 70 prochaines années par suite de l'accident de Tchernobyl. D'autres spécialistes craignent que le bilan ne soit beaucoup plus élevé, en raison du risque de contamination de la chaîne alimentaire par le césium 137 et le césium 134. Ces isotopes du césium se logent dans les tissus et les muscles, et l'on constate des doses d'irradiation élevées chez ceux qui en absorbent. Toutefois, en septembre 1986, l'examen de 1 000 individus parmi la population exposée a révélé que, chez 97 p. 100 d'entre eux, le taux de césium contenu dans l'organisme était dix fois moins élevé qu'on ne le prévoyait. Une surveillance continue a également révélé que le pourcentage de bébés de la région souffrant de déficience mentale n'a pas augmenté, contrairement à ce qu'avaient prévu plusieurs experts. À la lumière de ces résultats, on peut espérer que les conséquences à long terme seront beaucoup moins graves qu'on ne l'aurait cru.

D. Autres accidents nucléaires notables(3)

L'accident de Tchernobyl est de loin la pire catastrophe ayant jamais touché un réacteur nucléaire, mais il n'est pas le seul en son

---

(3) Cette partie s'inspire surtout d'un document de W. Donnelly et al., intitulé The Chernobyl Accident: Causes, Initial Effects and Congressional Response, Service de recherche du Congrès des États-Unis, Major Issue System, Issue Brief #IB86077, Appendix A, p. 1-2.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

genre. En avril 1986, on publiait aux États-Unis un rapport énumérant 151 "incidents" nucléaires importants occasionnés par des réacteurs de puissance, de recherche et expérimentaux. De ce nombre, trois semblent avoir eu des retombées radioactives réelles ou potentielles. Il s'agit de l'accident survenu en 1957 dans le réacteur plutonigène de Windscale, au Royaume-Uni, de l'accident ayant touché en 1966 le réacteur surgénérateur rapide Fermi, à proximité de Détroit, dans l'État du Michigan, et de l'accident survenu en 1979 à la centrale de Three Mile Island, près de Harrisburg, en Pennsylvanie. Quant au Canada, il a lui aussi été victime d'un accident nucléaire, le coeur d'un réacteur étant partiellement entré en fusion à Chalk River, en 1952.

1. Chalk River - 1952

L'enlèvement accidentel de quatre barres de commande d'un réacteur de puissance expérimental à Chalk River, en Ontario, a provoqué la fusion partielle du coeur du réacteur à l'uranium. Un million de gallons d'eau radioactive s'est accumulé à l'intérieur, mais l'accident n'a fait aucun blessé. Bien qu'il ait été anodin comparativement à la catastrophe soviétique de 1986, cet accident a constitué le premier cas connu de défectuosité majeure d'une centrale nucléaire. (Les accidents survenus précédemment aux États-Unis s'étaient produits dans des réacteurs plutonigènes.)

2. Windscale - 1957

Dans les années 50, une partie du plutonium nécessaire au programme britannique d'armements nucléaires était obtenue d'un petit réacteur plutonigène modéré au graphite et refroidi à l'air, situé à Windscale. Au cours de travaux d'entretien courants en 1957, le graphite est devenu tellement chaud qu'une partie de celui-ci et de l'uranium s'est enflammée. Environ 20 000 curies d'iode 131 ont été libérés et sont retombés dans les prés environnants, provoquant la contamination du lait. Aucun résident n'a été évacué, bien que l'on ait interdit la consommation

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

de lait durant 25 jours dans la majeure partie de la région contaminée et, à certains endroits, durant 44 jours. Un comité du Medical Research Council de la Grande-Bretagne a conclu que l'accident n'avait fort probablement eu aucun effet nocif sur la santé des travailleurs de la centrale de Windscale et de la population en général.

3. Le réacteur Fermi - 1966

La centrale nucléaire Enrico Fermi de Lagoona Beach, dans l'État du Michigan, disposait d'un petit réacteur surgénérateur rapide refroidi au sodium, doté d'une puissance de 61 MWe. Le 5 octobre 1966, le combustible de deux assemblages est entré en fusion en raison d'une obstruction des canaux de circulation du réfrigérant. Il n'y a eu aucun blessé et aucune émission radioactive. Le réacteur a été réparé et remis en service en octobre 1970, quatre ans après l'accident. On a finalement cessé de l'exploiter en 1973. L'accident avait créé tout un émoi parce qu'on craignait une fissure dans la cuve du réacteur.

4. Three Mile Island - 1979

L'accident nucléaire sans doute le plus grave et dont on a le plus parlé aux États-Unis est survenu en mars 1979 à l'unité 2 de la centrale nucléaire de Three Mile Island, à Middletown, en Pennsylvanie. L'unité en cause abritait un réacteur à eau sous pression d'une puissance de 906 MWe. En raison de défectuosités du matériel et d'entorses aux règles, le coeur du réacteur a été mis à nu suffisamment longtemps pour être endommagé à 70 p. 100 et pour fondre dans une proportion de 35 à 45 p. 100. Des éléments radioactifs se sont infiltrés dans l'enceinte de confinement, qui en a retenu la majeure partie; certaines fuites ont toutefois occasionné une contamination mineure à proximité de la centrale. Il n'y a pas eu d'évacuation complète, mais le gouverneur de l'État a recommandé aux femmes enceintes de quitter la région, ce que des dizaines de milliers de personnes ont fait de leur propre chef. Par la suite, une équipe pluridisciplinaire chargée d'évaluer la dose de radiation absorbée par la population a conclu que la dose collective de radioactivité décelée

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

à l'extérieur du site présentait des risques tout à fait minimes pour la santé de la population vivant en dehors des limites de la centrale. On vient tout juste de terminer la décontamination du coeur endommagé, et les autorités ont été surprises de constater que malgré l'importance des dommages, la cuve du réacteur n'avait pas cédé.

E. Nouveaux faits troublants

1. Détérioration des tubes de force dans les réacteurs CANDU

En janvier 1988, une inspection de routine des tubes de force de l'unité 3 de la centrale électronucléaire de Pickering a révélé un degré de détérioration plus avancé qu'on ne s'y attendait. Les tubes des unités 3 et 4 de la centrale de Pickering et des unités de la centrale électronucléaire de Bruce sont faits d'un alliage différent de celui qui a servi à la fabrication des tubes des premiers réacteurs CANDU, et on avait cru que le nouvel alliage résisterait mieux à la détérioration.

En mars 1988, l'Hydro-Ontario a annoncé que contrairement à ce qui était prévu, l'on ne fermera pas cette année, à des fins d'entretien, le réacteur 3 de Pickering, dont l'on commencera à remplacer les tubes de force en 1989. Cette opération devrait prendre quelque 23 mois. Le remplacement des tubes de l'unité 4 devrait débuter en 1991 et prendre environ 19 mois. Le remplacement des tubes de ces réacteurs vieux de 17 et 18 ans coûtera environ 500 millions de dollars. Étant donné les problèmes qui se posent à Pickering, il faudra également vérifier les tubes de force des réacteurs Bruce 1 et Bruce 2, qui ont été mis en service en 1977.

2. La centrale électronucléaire Fermi II

En janvier 1988, on a pour la première fois autorisé le fonctionnement à pleine capacité de la centrale électronucléaire Fermi II, à Monroe, dans l'État du Michigan. Au cours du second semestre de 1987, on n'avait soumis ce réacteur qu'à des essais de fonctionnement à un régime variant de 5 à 75 p. 100 de sa capacité, en raison de problèmes techniques

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

et de doutes quant à sa sûreté. L'exploitation de ce réacteur à eau bouillante (dont la construction accuse un retard de dix ans et dont le devis est dépassé de 4 milliards de dollars) fait toujours l'objet de protestations aux États-Unis et dans le comté d'Essex, en Ontario. Ces protestations tiennent à deux choses. Premièrement, la rumeur veut que l'exploitant, Detroit Edison, éprouve de graves difficultés financières: aux dires des protestataires, il serait donc incapable d'assurer le fonctionnement sûr d'une usine où l'on ne connaît depuis dix ans que défectuosités techniques et problèmes de construction. Pour leur part, les adversaires canadiens de la centrale s'opposent à son exploitation parce qu'aucune mesure d'urgence adéquate n'est prévue dans l'éventualité d'un accident grave. Par exemple, aucun plan d'évacuation n'a été établi à l'égard de la population de Windsor, en Ontario, qui se trouve pourtant sur le trajet des contaminants aéroportés. **Devant ces préoccupations quant à la sécurité de la centrale, le ministère des Affaires extérieures du Canada a prié les États-Unis d'inviter l'Agence internationale de l'énergie atomique à déterminer si l'exploitation du réacteur comportait des dangers. Les États-Unis ont refusé d'accéder à cette requête.**

3. **Incendie dans une centrale soviétique, septembre 1988**

Au début de septembre 1988, un réacteur RBMK modéré au graphite de la centrale d'Ignalina, en Lithuanie, a dû être fermé à la suite d'un incendie dans la salle de contrôle. S'il n'y a pas eu de dégagement de rayonnements, l'incendie et d'autres difficultés d'exploitation à cette centrale ont ravivé des inquiétudes en Europe. Le réacteur d'Ignalina est une version modifiée du type de réacteur utilisé à Tchernobyl dont la capacité a été portée de 1 000 MW à 1 500 MW.

MESURES PARLEMENTAIRES (NIVEAU FÉDÉRAL)

Si le Parlement n'a pas abordé la question proprement dite de la sécurité des réacteurs, il a néanmoins étudié des questions associées plus généralement à la sûreté de l'énergie nucléaire. Aucune de ces initiatives, qui comprenaient des études de propositions de lois et des études en comité, n'a abouti.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

MESURES PARLEMENTAIRES (ONTARIO)

Le Comité spécial sur les affaires de l'Hydro-Ontario, composé de 14 membres, a été formé par l'assemblée législative de cette province le 24 novembre 1977. Il a publié un rapport provisoire en décembre 1979 et un rapport final intitulé The Safety of Ontario's Nuclear Reactors (La sécurité des réacteurs nucléaires de l'Ontario) en juin 1980. Conscient qu'il est impossible d'assurer une sécurité absolue dans le fonctionnement des réacteurs nucléaires en Ontario, le Comité concluait dans son rapport:

> Étant donné l'engagement clair de l'Hydro-Ontario et d'Énergie atomique du Canada Ltée en matière de sécurité, le dossier de la sécurité des réacteurs et les mécanismes conçus pour limiter les conséquences d'éventuels accidents nucléaires, le Comité estime que les risques d'un accident très grave à n'importe quel réacteur sont infimes et que, d'après les renseignements étudiés jusqu'à maintenant, la sécurité des réacteurs est donc acceptable(4).

Plus récemment, un comité spécial ontarien sur l'énergie a recommandé qu'une étude indépendante sur la sécurité des réacteurs CANDU soit entreprise par une équipe de spécialistes internationaux. En septembre 1986, le gouvernement a accepté cette recommandation et, en décembre de la même année, il a annoncé que M. Kenneth Hare, professeur honoraire au Département de géographie de l'Université de Toronto, serait chargé de cette étude. M. Hare a publié en avril 1988 son rapport, intitulé The Safety of Ontario's Nuclear Power Reactors (La sécurité des centrales nucléaires de l'Ontario). Il en vient à la conclusion que les risques d'un accident grave dans les centrales de l'Ontario sont très faibles et que, même s'il en produisait un, les radiations pourraient en grande partie être contenues, sans présenter de danger réel pour la

---

(4) Ontario, Assemblée législative, Comité spécial sur les affaires de l'Hydro-Ontario, The Safety of Ontario's Nuclear Reactors, rapport final, juin 1980, p. 1 et 2.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

population. Le rapport reproche au gouvernement de l'Ontario de ne pas mettre en oeuvre un plan d'urgence nucléaire, même si les détails d'un tel plan ont été publiés en 1986. Il propose également que l'Hydro-Ontario consacre plus d'argent aux recherches sur les problèmes des tubes de force et que la Commission de contrôle de l'énergie atomique règlemente plus rigoureusement l'Hydro-Ontario.

CHRONOLOGIE

29 février 1980 - La Commission royale de l'Ontario sur la planification de l'énergie électrique publie les neuf volumes de son rapport final, mettant ainsi fin à l'enquête commencée le 17 juillet 1975. De nombreuses recommandations traitent de la sécurité et de la fiabilité du système électro-nucléaire en Ontario.

juin 1980 - Le Comité spécial de l'assemblée législative sur les affaires de l'Hydro-Ontario publie son rapport final intitulé The Safety of Ontario's Nuclear Reactors.

1er août 1983 - Une défaillance d'un tube de force se produit au réacteur 2 de Pickering. Il s'agit de la première défaillance importante du système primaire de refroidissement d'un réacteur CANDU. Ce réacteur est mis hors service pour le remplacement des tubes.

août-novembre 1983 - Des incidents survenus dans le cours de l'exploitation entraînent la mise à l'arrêt des réacteurs Pickering 1 (le 5 août), Pickering 5 (le 7 août), Douglas Point et Bruce 3 (le 4 septembre), Bruce 2 (le 21 octobre), NPD (le 25 octobre), Bruce 1 (le 30 octobre) et Pickering 5 (le 1er novembre). A l'exception de la centrale NPD, tous les réacteurs sont par la suite remis en service.

14 novembre 1983 - On arrête le réacteur Pickering 1 pour vérifier l'accumulation d'hydrogène dans les tubes de force.

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

7 mars 1984 - L'Hydro-Ontario annonce que tous les tubes de force de l'unité 1 de Pickering seront remplacés.

26 avril 1986 - L'explosion et l'incendie survenus à la centrale nucléaire de Tchernobyl en URSS libèrent des quantités massives d'éléments radioactifs provenant du coeur du réacteur.

25 août 1986 - L'Agence internationale de l'énergie atomique reçoit le rapport officiel de l'Union soviétique sur les causes et les effets de l'accident de Tchernobyl et en entame l'étude. Selon le rapport, de graves négligences humaines ont causé l'accident.

septembre 1986 - Le Canada signe deux conventions internationales sur la sûreté nucléaire. En vertu de la première, il s'engage à signaler rapidement tout accident nucléaire et à fournir des informations à ce sujet; aux termes de la seconde, il promet assistance à tout pays victime d'un accident nucléaire.

novembre 1986 - Fin de la construction du sarcophage de béton qui renferme ce qui reste du réacteur 4 détruit lors de l'accident de Tchernobyl.

juillet 1987 - Jugement et condamnation à des peines s'échelonnant de 20 à 10 ans de six cadres supérieurs du complexe de Tchernobyl, pour violation des règles de sécurité et pour négligence.

octobre 1987 - Remise en service du réacteur Pickering 2.

1988 - Le réacteur Pickering 1 devrait être remis en service au cours de l'année.

mars 1988 - L'Hydro-Ontario annonce que l'on commencera à remplacer les tubes de force du réacteur Pickering 3 en 1989 et ceux du réacteur Pickering 4 en 1991.

avril 1988 - M. K. Hare publie un rapport intitulé The Safety of Ontario's Nuclear Power Reactors (La sécurité des centrales nucléaires de l'Ontario).

LIBRARY OF PARLIAMENT
BIBLIOTHÈQUE DU PARLEMENT

BIBLIOGRAPHIE SÉLECTIVE

"All Zirconium Tubes to be Replaced at Pickering Units 1 and 2". Nuclear Engineering International, vol. 29, n° 355, mai 1984, p. 15-20.

Comité d'État de l'URSS sur l'utilisation de l'énergie atomique. L'accident survenu à la centrale nucléaire de Tchernobyl et ses conséquences. Documentation établie pour la réunion d'experts de l'AIEA tenue à Vienne du 25 au 29 août 1986, parties I et II.

Cruickshank, Andrew. "Putting Policy Into Practice in the United States". Nuclear Engineering International, mars 1987, p. 24-28.

Donnelly, W. et al., The Chernobyl Accident: Causes, Initial Effects and Congressional Response. Major Issue System, Issue Brief #IB86077. Washington, D.C., Service de recherche du Congrès, 16 septembre 1986.

Lewis, Harold, W. "The Safety of Fission Reactors". Scientific American, vol. 242, n° 3, mars 1980, p. 53-65.

Mynatt, F.R. "Nuclear Reactor Safety Research Since Three Mile Island". Science, vol. 216, 9 avril 1982, p. 131-135.

Varley, James. "Germans Take a New Look at Core Melt Consequences". Nuclear Engineering International, mars 1987, p. 35-38.